

3-03051-75

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-58189

(P2002-58189A)

(43) 公開日 平成14年2月22日 (2002.2.22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
H 0 2 K 3/28		H 0 2 K 3/28	N 5 H 6 0 3
3/04		3/04	E 5 H 6 0 4
			J 5 H 6 0 9
3/24		3/24	J 5 H 6 1 9
3/50		3/50	A

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-243101 (P2000-243101)

(22) 出願日 平成12年8月10日 (2000.8.10)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 大橋 篤志

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 浅尾 淑人

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100057874

弁理士 曾我 道照 (外6名)

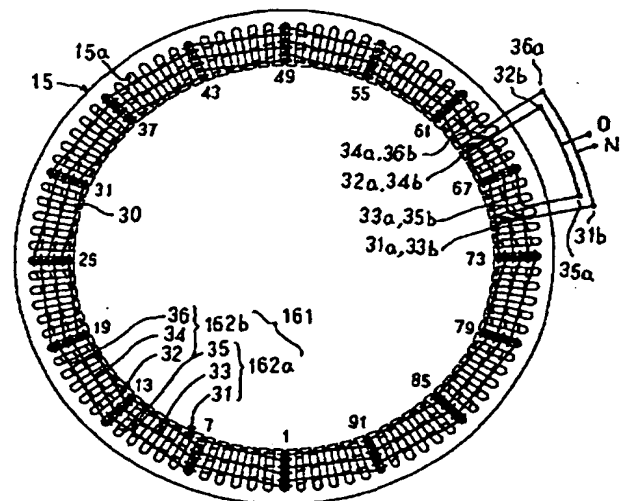
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機

(57) 【要約】

【課題】 この発明は、小型化、高出力化および高生産性を兼ね備えた回転電機を得る。

【解決手段】 固定子巻線16は、それぞれ1ターンの波巻きに巻装された第1乃至第6巻線31～36を備えている。そして、第1、第3および第5巻線31、33、35を直列に接続して第1直列接続巻線162aを構成し、第2、第4および第6巻線32、34、36を直列に接続して第2直列接続巻線162bを構成し、第1および第2直列接続巻線162a、162bを並列接続して各相の固定子巻線群161を形成している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 軸方向に延びるスロットが周方向に複数設けられた電機子鉄心とこの電機子鉄心の上記スロットに巻装された電機子巻線とを有する電機子を備えた回転電機において、

上記電機子巻線は、素線を所定スロット数毎にスロット内でスロット深さ方向に内層と外層とを交互にとるように波状に巻装して構成された1ターンの第1巻線が1スロットピッチで上記所定スロット数と同じ本数分配列されてなる第1波巻き巻線群と、上記素線を上記所定スロット数毎に上記スロット内でスロット深さ方向に内層と外層とを交互にとるように波状に、かつ、上記第1巻線に対して電気角で180度ずらして反転するように巻装して構成された1ターンの第2巻線が1スロットピッチで上記所定スロット数と同じ本数分配列されてなる第2波巻き巻線群とが、それぞれの上記スロット内にスロット深さ方向に上記第1巻線のスロット収納部位と上記第2巻線のスロット収納部位とを交互に、かつ、1列に並ぶように n 対 (n :自然数) 配設されて構成され、上記電機子巻線の各相は、上記所定スロット数毎のスロットで構成される同一スロット群に巻装されている $2n$ 本の上記第1および第2巻線を n 本づつ直列に結線して構成された2つの n ターンの直列接続巻線を並列に接続して構成されていることを特徴とする回転電機。

【請求項2】 上記2つの直列接続巻線は、上記同一スロット群に巻装されている n 本の上記第1巻線を直列に結線して構成された n ターンの第1直列接続巻線と、上記同一スロット群に巻装されている n 本の上記第2巻線を直列に結線して構成された n ターンの第2直列接続巻線とから構成されていることを特徴とする請求項1記載の回転電機。

【請求項3】 上記 n が $2m+1$ (m :自然数)であることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の回転電機。

【請求項4】 上記素線は、略U字状の導体セグメントであり、上記第1および第2巻線は、それぞれ、複数の上記導体セグメントの開放端同士を接合して1ターンの波巻き巻線に構成されていることを特徴とする請求項1乃至請求項3の何れかに記載の回転電機。

【請求項5】 上記素線は、連続導体線であり、上記第1および第2巻線は、それぞれ、1本の上記連続導体線で1ターンの波巻き巻線に構成されていることを特徴とする請求項1乃至請求項3の何れかに記載の回転電機。

【請求項6】 上記第1および第2波巻き巻線群の各対がそれぞれ複数の上記第1および第2巻線を集合した巻線アセンブリで構成されていることを特徴とする請求項5記載の回転電機。

【請求項7】 上記素線は略円形断面を有する導体であることを特徴とする請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の回転電機。

【請求項8】 上記電機子巻線の各相を構成する上記2つの直列接続巻線が金属製ターミナルを介して結線されていることを特徴とする請求項1乃至請求項7の何れかに記載の回転電機。

【請求項9】 上記電機子鉄心は、積層鉄心からなる円筒状の固定子鉄心であり、上記固定子鉄心の内部に同軸に配設された回転周方向に沿ってNS極を形成する回転子と、上記回転子の軸方向端部に固着されたファンとを備え、冷却風が上記ファンの回転により上記電機子巻線のコイルエンド部に送風されるようにしたことを特徴とする請求項1乃至請求項8の何れかに記載の回転電機。

【請求項10】 上記第1波巻き巻線群と上記第2波巻き巻線群との n 対は、上記固定子鉄心からの軸方向延出高さが径方向外方に向かって漸次低くなっていることを特徴とする請求項9記載の回転電機。

【請求項11】 軸方向に延びるスロットが周方向に複数設けられた電機子鉄心とこの電機子鉄心の上記スロットに巻装された電機子巻線とを有する電機子を備えた回転電機において、上記スロットは上記電機子鉄心に毎極毎相当り2個形成され、

上記電機子巻線は、各相の巻線を星型結線してなる2組の交流巻線から構成され、

上記各相の巻線は、素線が上記スロットのそれぞれにスロット深さ方向に $2n$ 本 (n :自然数) 配列され、かつ、スロット外で所定スロット数離れた各スロット対のスロット深さ方向の異なる層同士を連結するように巻装されて構成された2組の n ターン巻線を並列に接続して構成され、

さらに、上記2組の交流巻線の交流出力がそれぞれ第1および第2の整流器により独立して整流された後、合成されて出力されるように構成されていることを特徴とする回転電機。

【請求項12】 上記電機子鉄心の少なくとも一端側において、所定スロット数離れた各スロット対のスロット深さ方向の異なる層同士を連結する上記素線のコイルエンド部が径方向に n 列に並ぶように形成され、かつ、 n 列の上記コイルエンド部の軸方向高さが径方向外方に向かって漸次低くなっていることを特徴とする請求項11記載の回転電機。

【請求項13】 上記電機子鉄心の少なくとも一端側において、所定スロット数離れた各スロット対のスロット深さ方向の異なる層同士を連結する上記素線のコイルエンド部が径方向に n 列に並ぶように形成され、かつ、 n 列の上記コイルエンド部が周方向に略均一に配列されていることを特徴とする請求項11記載の回転電機。

【請求項14】 上記電機子鉄心の少なくとも一端側において、所定スロット数離れた各スロット対のスロット深さ方向の異なる層同士を連結する上記素線のコイルエンド部が軸方向に層状に n 層に並ぶように形成され、か

つ、 n 層の上記コイルエンド部が周方向に略均一に配列されていることを特徴とする請求項1記載の回転電機。

【請求項15】 上記素線が略U字状の導体セグメントで構成されている特徴とする請求項1乃至請求項14のいずれかに記載の回転電機。

【請求項16】 上記素線が連続導体線で構成されていることを特徴とする請求項1乃至請求項14のいずれかに記載の回転電機。

【請求項17】 上記電機子鉄心の少なくとも一端側において、上記各相の巻線を構成する2組の上記 n ターン巻線間に絶縁性樹脂を介在させていることを特徴とする請求項1乃至請求項16のいずれかに記載の回転電機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、回転電機の電機子巻線構造に関し、特に内燃機関により駆動される交流発電機、例えば乗用車やトラック等に搭載可能な車両用交流発電機の固定子巻線構造に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、交流発電機において、小型高出力および品質の向上が益々求められてきている。小型高出力を実現するには、磁気装荷と電気装荷との分配を如何に最適に、かつ、限られた容積の中で如何に高密度に、構成するかが重要となる。例えば、車両用交流発電機においては、車両エンジンルームが益々狭小化する中で、搭載スペースに余裕がなくなっている一方で、車両負荷の増大による発電出力の向上が求められている。また、車内外共に、騒音低減のニーズが高く、エンジン騒音が低下してきているが、車両への電気負荷供給のため常時発電稼働している車両用交流発電機の騒音が問題とされている。さらに、車両用交流発電機は、常時発電稼働しているので、出力電流のジュール熱のため、その発熱量が多く、曝される熱的環境は厳しく、極めて高い耐熱性が求められている。

【0003】特に、交流発電機の小型高出力については、固定子巻線の巻線抵抗値の低減、固定子の磁気回路内に納める電気導体の占積率の向上、さらには固定子巻線の渡り部（固定子鉄心外の渡り部をコイルエンドと呼ぶ）の整列化および高密度化が必要であり、これに加えて、上記のような低騒音、耐熱環境性等の要求に応える必要がある。そして、固定子巻線の電気導体に断面積の大きい短尺の導体セグメントを用いて、巻線抵抗値（熱損失）の低減、電気導体の占積率向上、あるいは、コイルエンドの整列化および高密度化を図る構造が、WO92/06527号などに提案されている。

【0004】また、この種の交流発電機においては、高速回転域（例えば2000～5000rpm）での出力低下の要因となる電機子反作用を低減させるために固定

子巻線の各相のターン数を減らすことが有効である。具体的には、スロット内に収納される電気導体数を減らすことでターン数を減らすことができるが、これは電気導体の扁平度（断面のスロット深さ方向長さ／断面のスロット幅方向長さ）が大きくなることを意味する。しかし、電気導体を使用される短尺の導体セグメントは、平角断面を有する導体を略U字状に屈曲成形されているので、扁平度が大きくなるほどターン部の成形性が悪化してしまうことになる。そこで、スロット内に収納される電気導体数を多くして、電気導体の扁平度を小さくしてターン部の成形性の悪化を抑え、さらに電気導体を結線して形成された巻線を並列接続して、固定子巻線の各相のターン数を減らすことが有効となる。

【0005】短尺の導体セグメントを用い、重ね巻き（ループ巻き）の巻線と波巻きの巻線とを並列接続して固定子巻線の各相の巻線を構成したものが、例えば特開2000-92766号公報に記載されている。この従来の固定子巻線は、図19に示されるように、平角導体を略U字状に屈曲成形された3種類の導体セグメント311、312、313を用いている。そして、導体セグメント311、312、313が3スロット（1磁極ピッチ）離れた各組のスロットに固定子鉄心の軸方向の一端側から挿入され、固定子鉄心の軸方向の他端側に延出する端部同士を溶接等により接合して、固定子鉄心の周りを4周するコイルに形成されている。なお、各スロット内には、導体セグメント311、312、313の各スロット収納部311a、312a、313aを構成する導体が、固定子鉄心の径方向に関して一列に6本配列されている。ここで、スロット内の導体位置を、内周側から1番地、2番地・・・6番地という。また、固定子鉄心の軸方向の一端側においては、導体セグメント312のターン部312bが導体セグメント313のターン部313bを囲み、導体セグメント311のターン部311bが導体セグメント312のターン部312bを囲んでいる。そして、固定子鉄心の軸方向の他端側において、1つのスロットの3番地から延出する導体セグメント313の端部313cが、3スロット離れた他のスロットの4番地から延出する導体セグメント313の端部313cに接合されて、スロットあたり1ターンの波巻の巻線301、303を2つ形成している。また、1つのスロットの1番地から延出する導体セグメント311の端部311cが3スロット離れた他のスロットの2番地から延出する導体セグメント312の端部312cに接合され、さらに1つのスロットの5番地から延出する導体セグメント312の端部312cが3スロット離れた他のスロットの6番地から延出する導体セグメント311の端部311cに接合されて、スロットあたり2ターンの重ね巻の巻線302、304を2つ形成している。

【0006】そして、図20に示されるように、2つの

波巻きの巻線301、303と2つの重ね巻の巻線302、304とを直列に接続することで、各相6ターンの固定子巻線が構成される。また、図21に示されるように、波巻きの巻線301と重ね巻の巻線302とを直列に接続し、波巻きの巻線303と重ね巻の巻線304とを直列に接続し、両者を並列に接続して、各相3ターンの固定子巻線群が構成される。これらの固定子巻線群が交流結線されて1組の3相交流巻線からなる固定子巻線が構成されている。この固定子巻線が整流器に接続されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】この従来の車両用交流発電機の固定子巻線は、以上のように、大中小の3種類の導体セグメント311、312、313を固定子鉄心の一端側から1磁極ピッチ離れた各組のスロットにターン部311a、312a、313aを積み重ねるように挿入し、固定子鉄心の他端側に延出する端部同士を接合して構成されていた。そこで、図22に示されるように、固定子鉄心15の一端側における固定子巻線のコイルエンドの高さが高くなってしまいうので、小型化が図れないとともに、巻線抵抗値が上昇し、熱損失が大きくなり、巻線での発熱量が増加してしまい、かつ、コイルエンドの漏れリアクタンスが増加してしまい、高出力化が図られないという課題があった。また、ターン部313aがターン部312aに覆われ、ターン部312aがターン部311aに覆われているので、固定子鉄心15の一端側における固定子巻線のコイルエンドの露出表面積が低減され、固定子巻線が効率的に冷却されなくなる。その結果、固定子巻線の温度が高温となり、高出力化が図られないという課題もあった。さらに、毎極毎相当たり1つのスロット数を有する固定子鉄心に1組の3相交流巻線が巻装され、その出力が1組の整流器により整流されているので、コイルエンドにおいて、各スロットから延出するターン部が周方向に整列する数が少なく、冷却性が悪い。これにより、固定子巻線の温度が高温となり、高出力化が図られないという課題があった。また、整流器も1組しか備えていないので、整流ダイオード1個当たりの損失が大きくなり、高温となって高出力化が困難となっていた。

【0008】この発明は、上記のような従来の技術の課題に鑑み、スロットあたり1ターンの波巻きの第1巻線で構成された第1波巻き巻線群と、この第1巻線に対して電気角で180度ずらして反転巻装されたスロット当たり1ターンの波巻きの第2巻線で構成された第2波巻き巻線群とをn対巻装し、各相を構成する第1および第2巻線からなる2n本の巻線をn本ずつ直列に結線して構成された2つのnターンの直列接続巻線を並列に接続するようにし、小型、高出力、高生産性を兼ね備えた回転電機を得ることを目的とする。また、毎極毎相当たりのスロット数を2個とし、固定子巻線が各相の固定子巻

線群を交流結線して2組の交流巻線で構成し、各組の交流巻線を独立整流するようにし、固定子巻線のコイルエンドの冷却性を高め、かつ、整流ダイオードの損失を低減し、高出力を実現できる回転電機を得ることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明に係る回転電機は、軸方向に延びるスロットが周方向に複数設けられた電機子鉄心とこの電機子鉄心の上記スロットに巻装された電機子巻線とを有する電機子を備えた回転電機において、上記電機子巻線は、素線を所定スロット数毎にスロット内でスロット深さ方向に内層と外層とを交互にとるように波状に巻装して構成された1ターンの第1巻線が1スロットピッチで上記所定スロット数と同じ本数分配列されてなる第1波巻き巻線群と、上記素線を上記所定スロット数毎に上記スロット内でスロット深さ方向に内層と外層とを交互にとるように波状に、かつ、上記第1巻線に対して電気角で180度ずらして反転するように巻装して構成された1ターンの第2巻線が1スロットピッチで上記所定スロット数と同じ本数分配列されてなる第2波巻き巻線群とが、それぞれの上記スロット内にスロット深さ方向に上記第1巻線のスロット収納部位と上記第2巻線のスロット収納部位とを交互に、かつ、1列に並ぶようにn対(n：自然数)配設されて構成され、上記電機子巻線の各相は、上記所定スロット数毎のスロットで構成される同一スロット群に巻装されている2n本の上記第1および第2巻線をn本ずつ直列に結線して構成された2つのnターンの直列接続巻線を並列に接続して構成されているものである。

【0010】また、上記2つの直列接続巻線は、上記同一スロット群に巻装されているn本の上記第1巻線を直列に結線して構成されたnターンの第1直列接続巻線と、上記同一スロット群に巻装されているn本の上記第2巻線を直列に結線して構成されたnターンの第2直列接続巻線とから構成されているものである。

【0011】また、上記nが $2m+1$ (m：自然数)である。

【0012】また、上記素線は、略U字状の導体セグメントであり、上記第1および第2巻線は、それぞれ、複数の上記導体セグメントの開放端同士を接合して1ターンの波巻き巻線に構成されているものである。

【0013】また、上記素線は、連続導体線であり、上記第1および第2巻線は、それぞれ、1本の上記連続導体線で1ターンの波巻き巻線に構成されているものである。

【0014】また、上記第1および第2波巻き巻線群の各対がそれぞれ複数の上記第1および第2巻線を集合した巻線アセンブリで構成されているものである。

【0015】また、上記素線は略円形断面を有する導体である。

【0016】また、上記電機子巻線の各相を構成する上記2つの直列接続巻線が金属製ターミナルを介して結線されているものである。

【0017】また、上記電機子鉄心は、積層鉄心からなる円筒状の固定子鉄心であり、上記固定子鉄心の内部に同軸に配設された回転周方向に沿ってNS極を形成する回転子と、上記回転子の軸方向端部に固着されたファンとを備え、冷却風が上記ファンの回転により上記電機子巻線のコイルエンド部に送風されるようにしたものである。

【0018】また、上記第1波巻き巻線群と上記第2波巻き巻線群との n 対は、上記固定子鉄心からの軸方向延出高さが径方向外方に向かって漸次低くなっているものである。

【0019】また、軸方向に延びるスロットが周方向に複数設けられた電機子鉄心とこの電機子鉄心の上記スロットに巻装された電機子巻線とを有する電機子を備えた回転電機において、上記スロットは上記電機子鉄心に毎極毎相当たり2個形成され、上記電機子巻線は、各相の巻線を星型結線してなる2組の交流巻線から構成され、上記各相の巻線は、素線が上記スロットのそれぞれにスロット深さ方向に2 n 本(n :自然数)配列され、かつ、スロット外で所定スロット数離れた各スロット対のスロット深さ方向の異なる層同士を連結するように巻装されて構成された2組の n ターン巻線を並列に接続して構成され、さらに、上記2組の交流巻線の交流出力がそれぞれ第1および第2の整流器により独立して整流された後、合成されて出力されるように構成されているものである。

【0020】また、上記電機子鉄心の少なくとも一端側において、所定スロット数離れた各スロット対のスロット深さ方向の異なる層同士を連結する上記素線のコイルエンド部が径方向に n 列に並ぶように形成され、かつ、 n 列の上記コイルエンド部の軸方向高さが径方向外方に向かって漸次低くなっているものである。

【0021】また、上記電機子鉄心の少なくとも一端側において、所定スロット数離れた各スロット対のスロット深さ方向の異なる層同士を連結する上記素線のコイルエンド部が径方向に n 列に並ぶように形成され、かつ、 n 列の上記コイルエンド部が周方向に略均一に配列されているものである。

【0022】また、上記電機子鉄心の少なくとも一端側において、所定スロット数離れた各スロット対のスロット深さ方向の異なる層同士を連結する上記素線のコイルエンド部が軸方向に層状に n 層に並ぶように形成され、かつ、 n 層の上記コイルエンド部が周方向に略均一に配列されているものである。

【0023】また、上記素線が略U字状の導体セグメントで構成されているものである。

【0024】また、上記素線が連続導体線で構成されて

いるものである。

【0025】また、上記電機子鉄心の少なくとも一端側において、上記各相の巻線を構成する2組の上記 n ターン巻線間に絶縁性樹脂を介在させているものである。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を図について説明する。

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機の構成を示す断面図、図2および図3はそれぞれこの発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機の固定子を示す端面図および斜視図、図4はこの発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機における固定子巻線の1相分の結線状態を説明するリヤ側端面図、図5はこの発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機の回路図、図6はこの発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機における固定子の金属製ターミナル実装状態を示す斜視図、図7はこの発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機に適用される固定子巻線を構成する素線の要部を示す斜視図、図8はこの発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機に適用される固定子巻線を構成する素線の配列を説明する図、図9はこの発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機に適用される固定子巻線を構成する巻線アッセンブリを示す図であり、図9の(a)はその端面図、図9の(b)はその平面図である。なお、図2および図3では口出し線等が省略されている。また、図4中実線はリヤ側巻線を、点線はフロント側巻線を示している。

【0027】図1において、車両用交流発電機は、ランドル型の回転子7がアルミニウム製のフロントブラケット1およびリヤブラケット2から構成されたケース3内にシャフト6を介して回転自在に装着され、電機子として働く固定子8が界磁として働く回転子7の外周側を覆うようにケース3の内壁面に固着されて構成されている。シャフト6は、フロントブラケット1およびリヤブラケット2に回転可能に支持されている。このシャフト6の一端にはプーリ4が固着され、エンジンの回転トルクをベルト(図示せず)を介してシャフト6に伝達できるようになっている。回転子7に電流を供給するスリップリング9がシャフト6の他端部に固着され、一對のブラシ10がこのスリップリング9に摺接するようにケース3内に配設されたブラシホルダ11に収納されている。固定子8で生じた交流電圧の大きさを調整するレギュレータ18がブラシホルダ11に嵌着されたヒートシク17に接着されている。固定子8に電氣的に接続され、固定子8で生じた交流を直流に整流する整流器12がケース3内に装着されている。

【0028】回転子7は、電流を流して磁束を発生する回転子コイル13と、この回転子コイル13を覆うように設けられ、回転子コイル13で発生された磁束によって磁極が形成される一對のポールコア20、21とから

構成される。一对のポールコア20、21は、鉄製で、それぞれ8つの爪形状の爪状磁極22、23が外周縁に周方向に等角ピッチで突設され、爪状磁極22、23をかみ合わせるように対向してシャフト6に固着されている。さらに、ファン5が回転子7の軸方向の両端に固着されている。また、吸気孔1a、2aがフロントブラケット1およびリヤブラケット2の軸方向の端面に設けられ、排気孔1b、2bがフロントブラケット1およびリヤブラケット2の外周両肩部に固定子巻線16のフロント側およびリヤ側のコイルエンド群16f、16rの径方向外側に対向して設けられている。

【0029】固定子8は、図2および図3に示されるように、軸方向に延びるスロット15aが周方向に所定ピッチで複数形成された円筒状の積層鉄心から成る固定子鉄心15と、固定子鉄心15に巻装された固定子巻線16と、各スロット15a内に装着されて固定子巻線16と固定子鉄心15とを電氣的に絶縁するインシュレータ19とを備えている。そして、固定子巻線16は、後述するように、1本の素線30が、固定子鉄心15の端面側のスロット15a外で折り返されて、所定スロット数（1磁極ピッチ）毎にスロット15a内でスロット深さ方向に内層と外層とを交互に採るように波巻きされて巻装された巻線を複数備えている。ここでは、固定子鉄心15には、回転子7の磁極数（16）に対応して、3相交流巻線を2組収容するように、96本のスロット15aが等間隔に形成されている。即ち、スロット数は毎極毎当たり2である。また、素線30には、例えば絶縁被膜49が被覆された長方形の断面を有する長尺の銅線材が用いられる。

【0030】つぎに、1相分の固定子巻線群161の巻線構造について図4を参照して具体的に説明する。1相分の固定子巻線群161は、それぞれ1本の素線30からなる第1乃至第6の巻線31～36から構成されている。そして、第1巻線31は、1本の素線30を、スロット番号の1番から91番まで6スロットおきに、スロット15a内の内周側から1番目の位置（以下、1番地という）と内周側から2番目の位置（以下、2番地という）とを交互に採るように波巻きし、その巻線端同士を接合して1ターンの波巻き巻線に構成されている。第2巻線32は、素線30を、スロット番号の1番から91番まで6スロットおきに、スロット15a内の2番地と1番地とを交互に採るように波巻きし、その巻線端同士を接合して1ターンの波巻き巻線に構成されている。第3巻線33は、素線30を、スロット番号の1番から91番まで6スロットおきに、スロット15a内の内周側から3番目の位置（以下、3番地という）と内周側から4番目の位置（以下、4番地という）とを交互に採るように波巻きし、その巻線端同士を接合して1ターンの波巻き巻線に構成されている。第4巻線34は、素線30を、スロット番号の1番から91番まで6スロットおきに、スロット15a内の4番地と3番地とを交互に採る

ように波巻きし、その巻線端同士を接合して1ターンの波巻き巻線に構成されている。第5巻線35は、素線30を、スロット番号の1番から91番まで6スロットおきに、スロット15a内の内周側から5番目の位置（以下、5番地という）と内周側から6番目の位置（以下、6番地という）とを交互に採るように波巻きし、その巻線端同士を接合して1ターンの波巻き巻線に構成されている。第6巻線36は、素線30を、スロット番号の1番から91番まで6スロットおきに、スロット15a内の6番地と5番地とを交互に採るように波巻きし、その巻線端同士を接合して1ターンの波巻き巻線に構成されている。そして、各スロット15a内には、素線30が長方形断面の長手方向を径方向に揃えて径方向に1列に6本並んで配列されている。

【0031】ついで、スロット番号の61番と67番とから固定子鉄心15の一端側に延出する第2、第4および第6巻線32、34、36の素線30の部分が切断され、スロット番号の67番と73番とから固定子鉄心15の一端側に延出する第1、第3および第5巻線31、33、35の素線30の部分が切断される。そして、第1巻線31の切断端31aと第3巻線33の切断端33bとが接合され、第3巻線33の切断端33aと第5巻線35の切断端35bとが接合されて、第1、第3および第5巻線31、33、35が直列接続されてなる3ターンの第1直列接続巻線162aが形成される。同様に、第2巻線32の切断端32aと第4巻線34の切断端34bとが接合され、第4巻線34の切断端34aと第6巻線36の切断端36bとが接合されて、第2、第4および第6巻線32、34、36が直列接続されてなる3ターンの第2直列接続巻線162bが形成される。ついで、第1巻線31の切断端31bと第6巻線36の切断端36aとを接合し、第2巻線32の切断端32bと第5巻線35の切断端35aとを接合し、3ターンの第1および第2直列接続巻線162a、162bが並列接続された1相分の固定子巻線群161が構成される。なお、第1および第6巻線31、36の切断端31b、36aの接合部と第2および第5巻線32、35の切断端32b、35aの接合部とがそれぞれ中性点（N）および口出し線（O）となる。

【0032】同様にして、素線30が巻装されるスロット15aを1つづつずらして6相分の固定子巻線群161が形成されている。そして、図5に示されるように、固定子巻線群161が3相分づつ星型結線されて2組の3相交流巻線160を形成し、各3相交流巻線160がそれぞれ整流器12に接続されている。各整流器12の直流出力は並列に接続されて合成される。

【0033】ここで、第1乃至第6巻線31～36を構成するそれぞれの素線30は、1つのスロット15aから固定子鉄心15の端面側に延出し、折り返されて6ス

ロット離れたスロット15aに入るように波巻きに巻装されている。そして、それぞれの素線30は、6スロット毎に、スロット内で、スロット深さ方向（径方向）に関して、内層と外層とを交互に採るように巻装されている。また、固定子鉄心15の端面側に延出して折り返された素線30のターン部30aがコイルエンド部を形成している。そこで、固定子鉄心15の両端において、ほぼ同一形状に形成されたターン部30aが周方向に、かつ、径方向に互いに離間して、3列となって周方向に整然と配列されてコイルエンド群16f、16rを形成している。

【0034】 について、金属製ターミナルを用いた固定子巻線16の結線構造について図4乃至図6を参照しつつ説明する。金属製ターミナル50は、a相引き出し線51a、b相引き出し線51b、c相引き出し線51bおよび中性点引き出し線52が絶縁性樹脂53により一体に成形されて構成されている。そして、a相引き出し線51aには、2つの接続片51a₁、51a₂が一体に形成されている。また、b相引き出し線51bには、2つの接続片51b₁、51b₂が一体に形成されている。さらに、c相引き出し線51cには、2つの接続片51c₁、51c₂が一体に形成されている。さらにまた、中性点引き出し線52には、6つの接続片52a₁、52a₂、52b₁、52b₂、52c₁、52c₂が一体に形成されている。

【0035】 そして、a相の固定子巻線群161を構成する第5および第2巻線35、32の切断端35a、32bがそれぞれ接続片51a₁、51a₂に溶接され、a相の固定子巻線群161を構成する第1および第6巻線31、36の切断端31b、36aがそれぞれ接続片52a₁、52a₂に溶接されている。また、b相の固定子巻線群161を構成する第5および第2巻線35、32の切断端35a、32bがそれぞれ接続片51b₁、51b₂に溶接され、b相の固定子巻線群161を構成する第1および第6巻線31、36の切断端31b、36aがそれぞれ接続片52b₁、52b₂に溶接されている。さらに、c相の固定子巻線群161を構成する第5および第5巻線35、32の切断端35a、32bがそれぞれ接続片51c₁、51c₂に溶接され、c相の固定子巻線群161を構成する第1および第6巻線31、36の切断端31b、36aがそれぞれ接続片52c₁、52c₂に溶接されている。

【0036】 これにより、各相の固定子巻線群161が、第1、第3および第5巻線31、33、35の第1直列接続巻線162aと、第2、第4および第6巻線32、34、36の第2直列接続巻線162bとを並列に接続して構成される。また、各相の固定子巻線群161の中性点が中性点引き出し線52にまとめられ、a相、b相およびc相の固定子巻線群160が交流結線（星型結線）される。そして、金属製ターミナル50のa相引

き出し線51a、b相引き出し線51b、c相引き出し線51cおよび中性点引き出し線52を整流器12に結線して、図5に示される回路構成が得られる。

【0037】 ここで、第1乃至第6巻線31～36は、それぞれ素線30を、6スロット毎のスロット15aにスロット深さ方向に内層と外層とを交互にとるように波状に巻装されている。そして、第2、第4および第6巻線32、34、36は、それぞれ第1、第3および第5巻線31、33、35に対して電気角で180度ずらして反転するように巻装されている。そこで、このように構成された固定子巻線16は、第1巻線31で構成された第1波巻き巻線群と第2巻線32で構成された第2波巻き巻線群との対を径方向に3対並べて配設したものと等価の構成となる。この第1および第2波巻き巻線群の対は、12本の連続導体線からなる素線30を波状に成形しつつ編み込んだ巻線アセンブリで提供される。

【0038】 以下、その巻線アセンブリの構造を図7乃至図9を参照しつつ説明する。図7はこの車両用交流発電機に適用される固定子巻線を構成する素線の要部を示す斜視図、図8はこの車両用交流発電機に適用される固定子巻線を構成する素線の配列を説明する図、図9はこの車両用交流発電機に適用される固定子巻線を構成する巻線アセンブリを示す図であり、図9の（a）はその端面図、図9の（b）はその平面図である。素線30は、絶縁被膜49が被覆された長方形の断面を有する1本の銅連続線が用いられる。この素線30は、図7に示されるように、ターン部30aで連結されたスロット収納部位としての直線部30bが6スロットピッチ（6P）で配列された平面状パターンに折り曲げ形成されている。そして、隣り合う直線部30bが、ターン部30aにより、素線30の幅（W）分ずらされている。このようなパターンに形成された2本の素線30は、図8に示されるように、6スロットピッチずらして直線部30bを重ねて配列されて素線対を構成している。この素線対が、第1および第2巻線31、32の対に相当している。この素線対が、1スロットピッチづつずらして6対配列されて図9に示される巻線アセンブリ39を構成している。そして、素線30の端部が素線アセンブリ39の両端の両側に6本づつ延出されている。また、ターン部30aが巻線アセンブリ39の両側部に整列されて配列されている。この巻線アセンブリ39を3層に重ねて固定子鉄心15のスロット15aに巻装することで、結線前の固定子が得られる。そして、図4に示される結線方法に基づいて、各素線30の端部同士を結線して固定子巻線16を形成する。

【0039】 このように構成された車両用交流発電機では、電流がバッテリー（図示せず）からブラシ10およびスリップリング9を介して回転子コイル13に供給され、磁束が発生される。この磁束により、一方のポールコア20の爪状磁極22がN極に着磁され、他方のポー

ルコア21の爪状磁極23がS極に着磁される。一方、エンジンの回転トルクがベルトおよびプーリ4を介してシャフト6に伝達され、回転子7が回転される。そこで、固定子巻線16に回転磁界が与えられ、固定子巻線16に起電力が発生する。この交流の起電力が整流器12を通して直流に整流されるとともに、整流器12の出力電圧の大きさがレギュレータ18により調整され、バッテリーに充電される。

【0040】そして、リヤ側においては、ファン5の回転により、外気が整流器12のヒートシンクおよびレギュレータ18のヒートシンク17にそれぞれ対向して設けられた吸気孔2aを通じて吸い込まれ、シャフト6の軸に沿って流れて整流器12およびレギュレータ18を冷却し、その後ファン5により遠心方向に曲げられて固定子巻線16のリヤ側のコイルエンド群16rを冷却し、排気孔2bより外部に排出される。一方、フロント側においては、ファン5の回転により、外気が吸気孔1aから軸方向に吸い込まれ、その後ファン5により遠心方向に曲げられて固定子巻線16のフロント側のコイルエンド群16fを冷却し、排気孔1bより外部に排出される。

【0041】このように、この実施の形態1によれば、固定子巻線16は2つの3相交流巻線群160を備え、各3相交流巻線160は3つの固定子巻線群161を交流結線して構成されている。さらに、各固定子巻線群161は第1乃至第6巻線31～36で構成されている。そして、第1巻線31は素線30を6スロット毎にスロット15a内の1番地と2番地と交互に採るように波状に巻装されて1ターンの巻線に構成されている。つまり、第1巻線31は素線30を6スロット毎にスロット15a内でスロット深さ方向に内層と外層とを交互に採るように波巻きされた1ターンの波巻き巻線に構成されている。また、第2巻線32は、素線30を6スロット毎にスロット15a内でスロット深さ方向に内層と外層とを交互に採るように波状に、かつ、第1巻線31に対して電気角で180度ずらして反転して巻装されて1ターンの波巻き巻線に構成されている。同様に、第3および第4巻線33、34が、それぞれ素線30を6スロット毎にスロット15a内の3番地と4番地と交互に採るように波状に巻装され、第5および第6巻線35、36がそれぞれ素線30を6スロット毎にスロット15a内でスロット深さ方向に内層と外層とを交互に採るように波巻きされて、1ターンの波巻き巻線に構成されている。そして、第1、第3および第5巻線31、33、35を直列接続した直列接続巻線161aと、第2、第4および第6巻線32、34、36を直列接続した直列接続巻線161bとを並列に接続して固定子巻線群161を構成している。これにより、固定子巻線16が波巻き巻線のみで構成されているので、重ね巻き巻線と波巻き巻線とを混在させた従来技術に比べて、コイルエンドの

高さを低くできるとともに、コイルエンドの露出面積を大きくできる。そして、コイルエンドの高さが低くなるので、小型化が図れる。また、巻線抵抗値が小さくなり、熱損失が小さくなるので、固定子巻線16での発熱量が減少され、さらにコイルエンドの漏れリアクタンスが少なくなり、高出力化が図られる。また、コイルエンドの露出面積が大きくなるので、固定子巻線16が効率的に冷却され、固定子巻線16の温度上昇が抑えられ、高出力化が図られる。

【0042】また、それぞれ1ターンの波巻き巻線に構成された6本の巻線から3ターンの固定子巻線群161を形成することができる。即ち、 $(2m+1)$ 対 $(m$:自然数)の波巻き巻線群を巻装することにより、奇数ターンの固定子巻線群161を形成することができる。つまり、固定子巻線が複数対の波巻き巻線群で構成されている場合、従来、各相の固定子巻線群161を奇数ターンの構成できなかったが、巻線群を2分割して並列接続することで、奇数ターンの各相の固定子巻線群161を実現している。さらに、ターン数を減らしても、素線の扁平度を小さくできるので、素線の成形性の悪化を抑えることができる。例えば、4ターンの固定子巻線群161で固定子巻線16を構成した固定子において、電機子反作用により高速回転域での出力が十分でない場合、固定子巻線161のターン数を減らすことが1つの対策となる。この時、奇数ターンの固定子巻線群を作製できないとすると、2ターンの固定子巻線群を用いることになるが、ターン数を大幅に下げすぎると低速回転域での出力が出なくなるという新たな問題が発生する。従って、奇数ターンの固定子巻線群を作製できることは、電機子反作用により高速回転域での出力が十分でない固定子巻線に対して、各相のターン数を1ターン減らして対処でき、低速回転域での出力低下を抑えつつ、高速回転域での出力増加を実現できることを意味している。

【0043】また、第1直列接続巻線162aが第1、第3および第5巻線31、33、35から構成され、第2直列接続巻線162bが第2、第4および第6巻線32、34、36から構成されているので、第1および第2直列接続巻線162a、162bはそれぞれ内層、中層および外層の巻線に構成される。そこで、冷却風がコイルエンドを通風する際に、第1および第2直列接続巻線162a、162bは均等に冷却されることになり、固定子巻線の温度上昇を抑えることができる。

【0044】また、素線30が連続線であるので、素線に導体セグメントを用いる従来技術に比べて、溶接箇所が著しく削減される。そこで、煩雑な溶接作業が軽減でき、作業性が向上されるとともに、溶接不良の発生も著しく低減され、高歩留まりを実現できる。また、導体セグメントの端部同士を接合する場合、導体セグメントの開放端側を治具で保持して溶接が行われるので、接合側のコイルエンド高さが高くなってしまふ。この実施の形

態1では、素線30が連続線であるので、コイルエンドが素線30のターン部30aで構成され、コイルエンド形成における溶接が不要となり、コイルエンドの高さを低くすることができる。

【0045】また、波巻き巻線群の対を巻線アッセンブリ39で構成しているため、固定子巻線の巻装作業が簡素化され、固定子の組立性が向上される。また、ターン数を増やす場合、巻線アッセンブリ39を多層に重ねて固定子鉄心に組み込むことで対応できる。また、U字状の導体セグメントを用いた場合、導体セグメントを固定子鉄心の一端側からスロット内に差し込む必要があるため、導体セグメントはスロット内でスロット長さ以上移動することになる。一方、巻線アッセンブリ39は、例えば固定子鉄心の内周側からスロット内に差し込むことになるため、巻線アッセンブリ39はスロット内でスロット深さ以上移動することはない。従って、固定子鉄心への組み込み時に、素線とスロット内壁面とのこすれに起因する絶縁被膜の損傷が発生しにくく、優れた絶縁性が確保される。

【0046】また、金属製ターミナル50を用いて各相の固定子巻線群161を結線しているため、巻線の結線作業が簡素化される。また、金属製ターミナル50を変えることにより、1つの巻線群構成から、ターン数が3ターンと6ターンの2種類の固定子巻線群を有する固定子巻線を構成することができる。つまり、金属製ターミナル50において、2つの接続片51a₁、51a₂をa相引き出し線51aから切り離して一体に形成し、接続片52a₂を中性点引き出し線52から切り離してa相引き出し線51aに一体に形成し、2つの接続片51b₁、51b₂をb相引き出し線51bから切り離して一体に形成し、接続片52b₂を中性点引き出し線52から切り離してb相引き出し線51bに一体に形成し、さらに2つの接続片51c₁、51c₂をc相引き出し線51cから切り離して一体に形成し、接続片52c₂を中性点引き出し線52から切り離してc相引き出し線51cに一体に形成することで、第1乃至第6巻線31～36が直列に接続された6ターンの固定子巻線群が構成される。

【0047】また、この固定子巻線16では、各素線30のターン部30aが周方向に、かつ、径方向に互いに離間して、3列となって周方向に整然と配列されてコイルエンド群16f、16rを構成しているため、コイルエンド群16f、16rにおける固定子鉄心15の端面からの延出高さが低くなる。これにより、回転子7の回転に起因する風音を低減させることができる。また、コイルエンドのコイルの漏れリアクタンスが減少し、出力・効率が向上する。また、この固定子巻線16では、各素線30のターン部30aが周方向に、かつ、径方向に互いに離間して、3列となって周方向に整然と配列されてコイルエンド群16f、16rを構成しているため、

コイルエンド群16f、16rにおける通風抵抗が周方向において均等となる。これにより、コイルエンド群16f、16rが周方向において均一に冷却され、固定子巻線16の温度上昇が抑えられる。また、回転子7の軸端に固着されたファン5により冷却風がコイルエンド群16f、16rに送風されるようになっているため、固定子巻線16の温度上昇を効果的に抑えることができる。

【0048】また、第1および第2直列接続巻線162a、162bはそれぞれ内層、中層および外層の巻線で構成されているため、3つの巻線アッセンブリ39間に生じる製造上の抵抗値およびインダクタンスの誤差が第1および第2直列接続巻線162a、162bに均等に分散され、第1および第2直列接続巻線162a、162b間の抵抗値およびインダクタンスの差が小さく抑えられる。これにより、例えば第1直列接続巻線162aを流れた電流の一部が第2直列接続巻線162bに流れることが抑えられるため、第1直列接続巻線162aから第2直列接続巻線162bに流れる循環電流に起因する出力低下が抑えられる。また、固定子巻線群161が3相分づつ星型結線されて2組の3相交流巻線160を形成し、96個のスロット（毎極毎相当たり2のスロット数）よりそれぞれ延出するターン部30aが周方向に整列して配列され、各3相交流巻線160がそれぞれ整流器12に接続されている。各整流器12の直流出力は並列に接続されて合成される。そして、各コイルエンド群16f、16rは周方向に整列されて配列された96個のターン部30aを径方向に3列に並べて構成され、各コイルエンド群16f、16rを構成するターン部30aの総数は288個となるため、冷却性が極めて高くなり、固定子巻線の温度上昇が抑えられ、高出力化が図られる。また、2組の30度位相のずれた電流が発生するため、コイルエンド群内の温度分布も、従来のものに比べて、均一なものとなり、固定子巻線の温度上昇が抑えられ、高出力化が図られる。さらに、2組の整流器によって整流されるため、整流ダイオード1個当たりの損失が従来に対して半減するため、整流ダイオードの温度も低くなり、さらに高出力化が図られる。さらに、2組の巻線を30度位相差で巻装することにより発電機の磁気騒音の原因となる高調波起磁力成分をキャンセルできることは周知であるが、本実施の形態のように、ターン部30aを径方向に3列に整列して配列することによりコイルエンドの剛性を高めて、磁気騒音をさらに低減するという効果もある。

【0049】実施の形態2. 上記実施の形態1では、素線として連続銅線を用いるものとしているが、この実施の形態2では、素線として略U字状の導体セグメントを用いるものとしている。図10はこの発明の実施の形態2に係る車両用交流発電機に適用される固定子巻線を構成する素線の配列を説明する斜視図、図11はこの発明

の実施の形態2に係る車両用交流発電機の固定子を示す斜視図である。なお、図11では口出し線等が省略されている。素線40には、絶縁被膜49が被覆された長方形の断面を有する短尺な銅線材が用いられ、スロット収納部位としての一对の直線部40bをV字状のターン部40aで連結した略U字状に成形されている。そして、素線40は、6スロット(1磁極ピッチ)離れた各組のスロット15aに固定子鉄心15の軸方向の一端側から3本ずつ挿入され、固定子鉄心15の軸方向の他端側に延出した開放端部40c側が外開き状に曲げられる。この時、各組のスロット15a内において、1本の素線40が、1つのスロット15a内の1番地と、他のスロット15a内の2番地とに挿入され、他の1本の素線40が、1つのスロット15a内の3番地と、他のスロット15a内の4番地とに挿入され、さらに1本の素線40が、1つのスロット15a内の5番地と、他のスロット15a内の6番地とに挿入されている。そして、素線40の直線部40bが各スロット15a内に、径方向に関して一列に6本配列されている。

【0050】そして、固定子鉄心15の他端側において、1つのスロット15aの1番地から延出する開放端部40cが6スロット離れた他のスロット15aの2番地から延出する開放端部40cに接合され、2つの1ターンの波巻き巻線が得られる。これらの波巻き巻線は、上記実施の形態1における第1巻線31および第2巻線32に相当している。また、1つのスロット15aの3番地から延出する開放端部40cが6スロット離れた他のスロット15aの4番地から延出する開放端部40cに接合され、2つの1ターンの波巻き巻線が得られる。これらの波巻き巻線は、上記実施の形態1における第3巻線33および第4巻線34に相当している。さらに、1つのスロット15aの5番地から延出する開放端部40cが6スロット離れた他のスロット15aの6番地から延出する開放端部40cに接合され、2つの1ターンの波巻き巻線が得られる。これらの波巻き巻線は、上記実施の形態1における第5巻線35および第6巻線36に相当している。これにより、図11に示されるように、それぞれ1ターンの波巻き巻線からなる固定子巻線16Aが固定子鉄心15に巻装された固定子8Aを得る。

【0051】ついで、図4に示される結線方法に基づいて、それぞれ1ターンの波巻き巻線を3本ずつ直列に接続し、その直列接続巻線を並列に接続して、3ターンの固定子巻線群を得る。

【0052】従って、この実施の形態2においても、上記実施の形態1と同様の効果が得られる。また、この実施の形態2においては、素線40として略U字状の導体セグメントを用いて波巻き巻線を構成しているので、導体セグメントの種類が1種類でよく、3種類の導体セグメントを用いる従来技術に比べて、生産性が向上される。

る。また、ターン部40aで構成されるコイルエンドが径方向に1列に並んでいるので、ターン部311a、312a、313aで構成されるコイルエンド部が3層に重なっている従来技術に比べて、コイルエンドの高さが低くなるとともに、露出面積が大きくなる。そこで、従来技術に比べて、小型化および高出力化が図られる。

【0053】実施の形態3. この実施の形態3では、素線45として絶縁被膜49が被覆された円形断面を有する1本の銅連続線を用いている。この素線45は、図12に示されるように、ターン部45aで連結されたスロット収納部位としての直線部45bが6スロットピッチ(6P)で配列された平面状パターンに折り曲げ形成されている。そして、隣り合う直線部45bが、ターン部45aにより素線45の幅(W)分ずらされている。なお、他の構成は上記実施の形態1と同様に構成されている。

【0054】そこで、この実施の形態3によれば、素線45が円形断面を有しているので、長方形断面を有する素線30に比べて、曲げ加工性が向上する。これにより、ターン部45a(コイルエンド部)の成形が容易となり、巻線アセンブリ39を容易に作製できるようになる。また、第1乃至第6巻線31~36の切断端を金属ターミナル50の各接続片に溶接する際に、第1乃至第6巻線31~36の切断端を曲げて接続片に位置合わせする作業が容易となり、溶接作業性が向上される。また、長方形断面を有する素線30を用いた場合、巻線アセンブリ39の成形工程や巻線アセンブリ39の固定子鉄心15への装着工程において、その角部が干渉して絶縁被膜49の損傷を生じやすいが、この実施の形態3では、素線45が円形断面を有しているので、素線同士の間で干渉に起因する絶縁被膜49の損傷の発生を抑えることができ、絶縁性を向上させることができる。

【0055】なお、上記実施の形態3では、上記実施の形態1において、素線30を円形断面を有する銅連続線に代えるものとしているが、上記実施の形態2において、素線40を円形断面を有する導体セグメントに代えても、同様の効果が得られる。

【0056】実施の形態4. この実施の形態4では、図13に示されるように、巻線アセンブリ39がターン部30aの軸方向高さを径方向外方に向かって漸次低くして径方向に3列に配列されているものとしている。なお、他の構成は上記実施の形態1と同様に構成されている。

【0057】上記実施の形態1では、巻線アセンブリ39がターン部30aの軸方向高さを等しくして径方向に3列に配列されている。そこで、第1乃至第6巻線31~36の抵抗値はほぼ等しくなり、第1乃至第6巻線31~36での発熱量もほぼ等しくなる。また、第1乃至第6巻線31~36はファン5からの冷却風により内層側に位置するほど冷却されることになる。これによ

り、固定子巻線 16 には、径方向外方に向かって温度が漸次高くなる温度分布が生じてしまい、固定子巻線 16 の冷却性を低下させるという問題がある。一方、この実施の形態 4 では、巻線アセンブリ 39 がターン部 30 a の軸方向高さを径方向外方に向かって漸次低くなるように径方向に 3 列に配列されているので、第 1 乃至第 6 巻線 31 ~ 36 の抵抗値は径方向外方にむかって漸次小さくなり、第 1 乃至第 6 巻線 31 ~ 36 の発熱量は径方向内方ほど大きくなる。そこで、発熱量の大きい巻線ほど冷却されることになり、固定子巻線 16 の径方向における温度分布が均一となり、固定子巻線 16 が効率よく冷却されることになる。

【0058】実施の形態 5. この実施の形態 5 では、図 14 に示されるように、素線 40 がターン部 30 a および開放端部 40 c 同士の接合部の軸方向高さを径方向外方に向かって漸次低くして径方向に 3 列に配列されているものとしている。なお、他の構成は上記実施の形態 2 と同様に構成されている。この実施の形態 5 においても、素線 40 のターン部 30 a および開放端部 40 c 同士の接合部がその軸方向高さを径方向外方に向かって漸次低くなるように径方向に 3 列に配列されているので、上記実施の形態 4 と同様の効果が得られる。

【0059】実施の形態 6. この実施の形態 6 では、図 15 に示されるように、径方向に 3 列に配列された巻線アセンブリ 39 の頂部間に絶縁性樹脂 38 を配設するものとしている。なお、他の構成は上記実施の形態 1 と同様に構成されている。

【0060】この実施の形態 6 によれば、第 1、第 3 および第 5 巻線 31、33、35 から構成された第 1 直列接続巻線 162 a と第 2、第 4 および第 6 巻線 32、34、36 から構成された第 2 直列接続巻線 162 b とが絶縁性樹脂 38 を介して接触しており、第 1 および第 2 直列接続巻線 162 a、162 b で発生した熱が絶縁性樹脂 38 を介して互いに伝達され、第 1 および第 2 直列接続巻線 162 a、162 b の温度がほぼ等しくなる。これにより、固定子巻線のコイルエンド群 16 f、16 r の温度分布が均一化される。また、絶縁性樹脂 38 はコイルエンド群 16 f、16 r の頂部に配設されているので、コイルエンド群 16 f、16 r 内を径方向に流通する冷却風通路が確保され、冷却風による冷却性の悪化が抑えられる。

【0061】実施の形態 7. この実施の形態 7 は、図 16 に示されるように、絶縁被膜 49 が被覆された円形断面を有する略 U 字状の導体セグメント 51、52、53 を素線として用いている。そして、導体セグメント 51、52、53 が 6 スロット離れた各組のスロットに固定子鉄心の軸方向の一端側から挿入され、固定子鉄心の軸方向の他端側に延出する端部同士を溶接等により接合して、固定子鉄心の周りを 4 周するコイルに形成されている。そして、固定子鉄心の軸方向の他端側において、

1 つのスロットの 3 番地から延出する導体セグメント 53 の端部 53 c が、6 スロット離れた他のスロットの 4 番地から延出する導体セグメント 53 の端部 53 c に接合されて、スロットあたり 1 ターンの波巻の巻線 61、63 を 2 つ形成している。また、1 つのスロットの 1 番地から延出する導体セグメント 51 の端部 51 c が 6 スロット離れた他のスロットの 2 番地から延出する導体セグメント 52 の端部 52 c に接合され、さらに 1 つのスロットの 5 番地から延出する導体セグメント 52 の端部 52 c が 6 スロット離れた他のスロットの 6 番地から延出する導体セグメント 51 の端部 51 c に接合されて、スロットあたり 2 ターンの重ね巻の巻線 62、64 を 2 つ形成している。

【0062】ここで、各スロット内には、導体セグメント 51、52、53 の各スロット収納部としての直線部 51 a、52 a、53 a が、固定子鉄心の径方向に関して一列に 6 本配列されている。また、固定子鉄心の軸方向の一端側においては、図 17 に示されるように、導体セグメント 52 のターン部 52 b が導体セグメント 53 のターン部 53 b を囲み、導体セグメント 51 のターン部 51 b が導体セグメント 52 のターン部 52 b を囲んでいる。そして、ターン部 51 b、52 b、53 b が軸方向に層状に 3 層となって周方向に整然と配列されてコイルエンド群を構成している。一方、固定子鉄心の軸方向の他端側においては、導体セグメント 52 の端部 51 c、52 c の接合部、端部 53 c、53 c の接合部および端部 52 c、51 c の接合部が、図 17 に示されるように、径方向に 1 列に配列されている。そして、端部 51 c、52 c、53 c の接合部が 3 列となって周方向に整然と配列されてコイルエンド群を構成している。

【0063】そして、図 18 に示されるように、波巻きの巻線 61 と重ね巻の巻線 62 とを直列に接続して 3 ターン巻線 163 a を構成し、波巻の巻線 63 と重ね巻の巻線 64 とを直列に接続して 3 ターン巻線 163 b を構成し、3 ターン巻線 163 a、163 b を並列に接続して 3 ターンの各相の固定子巻線群 161 を構成している。このように構成された固定子巻線群 161 が 3 相分づつ交流結線されて 2 組の 3 相交流巻線 160 を形成し、各 3 相交流巻線 160 がそれぞれ整流器 12 に接続されている。そして、各整流器 12 の直流出力が並列に接続されて合成される。

【0064】この実施の形態 7 においては、素線として円形断面を有する導体セグメント 51、52、53 を用いているので、長方形断面を有する素線に比べて、曲げ加工性が向上する。これにより、ターン部 51 b、52 b、53 b (コイルエンド部) の成形が容易となり、導体セグメント 51、52、53 を容易に作製できるようになる。また、導体セグメント 51、52、53 の端部側の曲げ加工が容易となり、端部 51 c、52 c、53 c 同士を溶接する際、さらには端部 51 c、52 c、5

3cを金属ターミナル50の各接続片に溶接する際に、導体セグメント51、52、53の端部側を曲げて端部51c、52c、53cを位置合わせする作業が容易となり、溶接作業性が向上される。また、長方形断面を有する素線を用いた場合、その角部が干渉して絶縁被膜49の損傷を生じやすいが、この実施の形態7では、素線が円形断面を有しているため、素線同士の干渉に起因する絶縁被膜49の損傷の発生を抑えることができ、絶縁性を向上させることができる。また、コイルエンド部を構成するターン部51b、52b、53bが軸方向に層状に3層に並ぶように形成され、かつ、3層のターン部51b、52b、53bが周方向に略均一に配列されているため、コイルエンド群における通風抵抗が周方向において均等となる。これにより、コイルエンド群が周方向において均一に冷却され、固定子巻線の温度上昇が抑えられる。

【0065】さらに、この実施の形態7では、導体セグメント51、52、53の直線部51a、52a、53aがスロットのそれぞれにスロット深さ方向に1列に6本配列され、かつ、スロット外で6スロット離れた各スロット対のスロット深さ方向の異なる層の端部51c、52c、53c同士が接合されて2つの3ターン巻線163a、163bを形成し、3ターン巻線163a、163bを並列に接続して各相の固定子巻線群161を構成している。そして、固定子巻線群161を3相分づつ交流結線（星型結線）して2組の3相交流巻線160を構成し、2組の3相交流巻線160の交流出力をそれぞれ整流器12により独立して整流した後、合成して出力するようにしている。そこで、固定子鉄心の軸方向の一端側においては、96個のスロット（毎極毎相当り2のスロット数）よりそれぞれ延出するターン部51b、52b、53bが軸方向に層状に3層となって周方向に整然と配列されてコイルエンド群を構成している。一方、固定子鉄心の軸方向の他端側においては、96個のスロットよりそれぞれ延出する導体セグメント52の端部51c、52c、53cの接合部が径方向に3列に並んで周方向に整然と配列されてコイルエンド群を構成している。つまり、各コイルエンド群を構成するターン部51b、52b、53bおよび端部51c、52c、53cの接合部の総数はそれぞれ288個となるため、冷却性が極めて高くなり、固定子巻線の温度上昇が抑えられ、高出力化が図られる。また、2組の30度位相のずれた電流が発生するので、コイルエンド群内の温度分布も、従来のものに比べて、均一なものとなり、固定子巻線の温度上昇が抑えられ、高出力化が図られる。さらに、2組の整流器によって整流されるため、整流ダイオード1個当たりの損失が従来に対して半減するので、整流ダイオードの温度も低くなり、さらに高出力化が図られる。さらに、2組の巻線を30度位相差で巻装することにより発電機の磁気騒音の原因となる高調波起磁力成

分をキャンセルできることは周知であるが、本実施の形態のように、ターン部51b、52b、53bを3層に整列して配列することにより、また、端部51c、52c、53cの接合部を径方向に3列に整列して配列することにより、コイルエンドの剛性を高めて、磁気騒音をさらに低減するという効果もある。

【0066】ここで、上記実施の形態7では、重ね巻きの巻線と波巻きの巻線とを並列接続して固定子巻線の各相の巻線を形成するものとしているが、巻線の構成はこれに限定されるものではない。

【0067】なお、上記各実施の形態では、銅材を素線に用いるものとして説明しているが、素線は銅材に限定されるものではなく、例えばアルミ材でもよい。また、上記各実施の形態では、車両用交流発電機の固定子巻線に適用するものとして説明しているが、本発明は他の交流発電機や電動機に適用しても、同様の効果を奏するものである。また、上記各実施の形態では、電機子として働く固定子に適用するものとして説明しているが、本発明は、電機子として働く回転子に適用できることはいふまでもないことである。

【0068】

【発明の効果】この発明は、以上のように構成されているので、以下に記載されるような効果を奏する。

【0069】この発明によれば、軸方向に延びるスロットが周方向に複数設けられた電機子鉄心とこの電機子鉄心の上記スロットに巻装された電機子巻線とを有する電機子を備えた回転電機において、上記電機子巻線は、素線を所定スロット数毎にスロット内でスロット深さ方向に内層と外層とを交互にとるように波状に巻装して構成された1ターンの第1巻線が1スロットピッチで上記所定スロット数と同じ本数分配列されてなる第1波巻き巻線群と、上記素線を上記所定スロット数毎に上記スロット内でスロット深さ方向に内層と外層とを交互にとるように波状に、かつ、上記第1巻線に対して電気角で180度ずらして反転するように巻装して構成された1ターンの第2巻線が1スロットピッチで上記所定スロット数と同じ本数分配列されてなる第2波巻き巻線群とが、それぞれの上記スロット内にスロット深さ方向に上記第1巻線のスロット収納部位と上記第2巻線のスロット収納部位とを交互に、かつ、1列に並ぶようにn対（n：自然数）配設されて構成され、上記電機子巻線の各相は、上記所定スロット数毎のスロットで構成される同一スロット群に巻装されている2n本の上記第1および第2巻線をn本づつ直列に結線して構成された2つのnターンの直列接続巻線を並列に接続して構成されている。これにより、コイルエンドの高さが低くなり、巻線抵抗値が小さくなり、かつ、コイルエンドの露出表面積が大きくなるため、小型化および高出力化が実現できる回転電機が得られる。また、素線の断面の扁平度を極端に大きくすることなく並列巻線を構成できる。

【0070】また、上記2つの直列接続巻線は、上記同一スロット群に巻装されている n 本の上記第1巻線を直列に結線して構成された n ターンの第1直列接続巻線と、上記同一スロット群に巻装されている n 本の上記第2巻線を直列に結線して構成された n ターンの第2直列接続巻線とから構成されているので、第1直列接続巻線と第2直列接続巻線とがバランスよく冷却されるようになり、固定子巻線の冷却性を向上させることができる。

【0071】また、上記 n が $2m+1$ (m :自然数)であるので、低速回転域での出力の低下を抑え、電機子反作用を少なくして高速回転域での出力を向上させることができる。

【0072】また、上記素線は、略U字状の導体セグメントであり、上記第1および第2巻線は、それぞれ、複数の上記導体セグメントの開放端同士を接合して1ターンの波巻き巻線に構成されているので、コイルエンドの高さが低くなり、かつ、コイルエンドの露出面積が大きくなり、高出力化および小型化が図られるとともに、形状の異なる導体セグメントを複数用意する必要がなく、生産性を向上できる。

【0073】また、上記素線は、連続導体線であり、上記第1および第2巻線は、それぞれ、1本の上記連続導体線で1ターンの波巻き巻線に構成されているので、接合箇所が著しく削減され、生産性および歩留まりを向上させることができ、コイルエンドの高さが低くなり、かつ、コイルエンドの露出面積が大きくなり、高出力化および小型化が図られる。

【0074】また、上記第1および第2波巻き巻線群の各対がそれぞれ複数の上記第1および第2巻線を集合した巻線アッセンブリで構成されているので、電機子鉄心への組み込み時における絶縁被膜の損傷発生が抑えられ、絶縁性が確保されるとともに、ターン数の増加にも容易に対応できる。

【0075】また、上記素線は略円形断面を有する導体であるので、素線の成形性が容易となるとともに、素線同士の干渉に起因する絶縁被膜の損傷発生が抑えられる。

【0076】また、上記電機子巻線の各相を構成する上記2つの直列接続巻線が金属製ターミナルを介して結線されているので、結線作業が容易となる。

【0077】また、上記電機子鉄心は、積層鉄心からなる円筒状の固定子鉄心であり、上記固定子鉄心の内部に同軸に配設された回転周方向に沿ってN極を形成する回転子と、上記回転子の軸方向端部に固着されたファンとを備え、冷却風が上記ファンの回転により上記電機子巻線のコイルエンド部に送風されるようにしたので、固定子巻線の冷却性が向上される。

【0078】また、上記第1波巻き巻線群と上記第2波巻き巻線群との n 対は、上記固定子鉄心からの軸方向延出高さが径方向外方に向かって漸次低くなっているの

で、固定子巻線の径方向の温度分布が均一化される。

【0079】また、軸方向に延びるスロットが周方向に複数設けられた電機子鉄心とこの電機子鉄心の上記スロットに巻装された電機子巻線とを有する電機子を備えた回転電機において、上記スロットは上記電機子鉄心に毎極毎当たり2個形成され、上記電機子巻線は、各相の巻線を星型結線してなる2組の交流巻線から構成され、上記各相の巻線は、素線が上記スロットのそれぞれにスロット深さ方向に $2n$ 本 (n :自然数)配列され、かつ、スロット外で所定スロット数離れた各スロット対のスロット深さ方向の異なる層同士を連結するように巻装されて構成された2組の n ターン巻線を並列に接続して構成され、さらに、上記2組の交流巻線の交流出力がそれぞれ第1および第2の整流器により独立して整流された後、合成されて出力されるように構成されているので、高出力の回転電機が得られる。

【0080】また、上記電機子鉄心の少なくとも一端側において、所定スロット数離れた各スロット対のスロット深さ方向の異なる層同士を連結する上記素線のコイルエンド部が径方向に n 列に並ぶように形成され、かつ、 n 列の上記コイルエンド部の軸方向高さが径方向外方に向かって漸次低くなっているため、電機子巻線の径方向の温度分布が均一化される。

【0081】また、上記電機子鉄心の少なくとも一端側において、所定スロット数離れた各スロット対のスロット深さ方向の異なる層同士を連結する上記素線のコイルエンド部が径方向に n 列に並ぶように形成され、かつ、 n 列の上記コイルエンド部が周方向に略均一に配列されているので、コイルエンド群における通風抵抗が周方向において均等となり、コイルエンド群が周方向において均一に冷却され、電機子巻線の温度上昇が抑えられる。

【0082】また、上記電機子鉄心の少なくとも一端側において、所定スロット数離れた各スロット対のスロット深さ方向の異なる層同士を連結する上記素線のコイルエンド部が軸方向に層状に n 層に並ぶように形成され、かつ、 n 層の上記コイルエンド部が周方向に略均一に配列されているので、コイルエンド群における通風抵抗が周方向において均等となり、コイルエンド群が周方向において均一に冷却され、電機子巻線の温度上昇が抑えられる。

【0083】また、上記素線が略U字状の導体セグメントで構成されているので、巻線抵抗値の低減、コイルエンドの整列化および高密度化が図られる。

【0084】また、上記素線が連続導体線で構成されているので、接合箇所が著しく削減され、生産性および歩留まりを向上させることができる。

【0085】また、上記電機子鉄心の少なくとも一端側において、上記各相の巻線を構成する2組の上記 n ターン巻線間に絶縁性樹脂を介在させているので、 n ターン巻線間の温度差が少なくなり、電機子巻線の温度分布が

均一化される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機の構成を示す断面図である。

【図2】 この発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機の固定子を示す端面図である。

【図3】 この発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機の固定子を示す斜視図である。

【図4】 この発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機における固定子巻線の1相分の結線状態を説明するリヤ側端面図である。

【図5】 この発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機の回路図である。

【図6】 この発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機における固定子の金属製ターミナル実装状態を示す斜視図である。

【図7】 この発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機に適用される固定子巻線を構成する素線の要部を示す斜視図である。

【図8】 この発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機に適用される固定子巻線を構成する素線の配列を説明する図である。

【図9】 この発明の実施の形態1に係る車両用交流発電機に適用される固定子巻線を構成する巻線アッセンブリを示す図である。

【図10】 この発明の実施の形態2に係る車両用交流発電機に適用される固定子巻線を構成する素線の配列を説明する斜視図である。

【図11】 この発明の実施の形態2に係る車両用交流発電機の固定子を示す斜視図である。

【図12】 この発明の実施の形態3に係る車両用交流発電機に適用される固定子巻線を構成する素線の要部を示す斜視図である。

【図13】 この発明の実施の形態4に係る車両用交流発電機に適用される固定子の要部を示す断面図である。

【図14】 この発明の実施の形態5に係る車両用交流発電機に適用される固定子の要部を示す断面図である。

【図15】 この発明の実施の形態6に係る車両用交流発電機に適用される固定子を示す端面図である。

【図16】 この発明の実施の形態7に係る車両用交流発電機に適用される固定子巻線を構成する素線の配列を説明する斜視図である。

【図17】 この発明の実施の形態7に係る車両用交流発電機に適用される固定子の要部を示す断面図である。

【図18】 この発明の実施の形態7に係る車両用交流発電機の回路図である。

【図19】 従来の車両用交流発電機に適用される固定子巻線を構成する素線の配列を説明する斜視図である。

【図20】 従来の車両用交流発電機に適用される固定子巻線の直列結線図である。

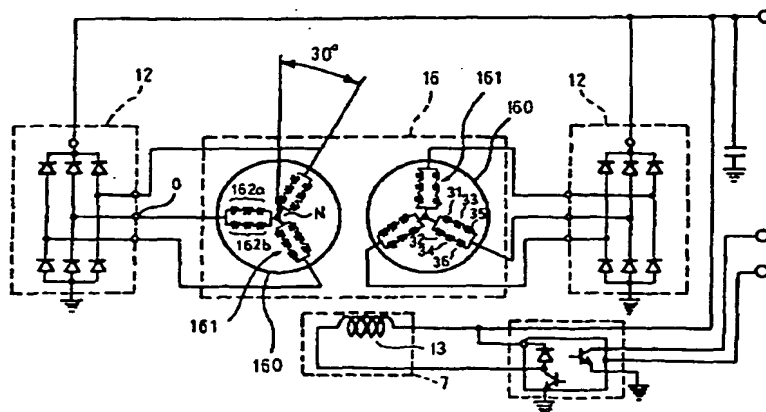
【図21】 従来の車両用交流発電機に適用される固定子巻線の並列結線図である。

【図22】 従来の車両用交流発電機に適用される固定子の要部断面図である。

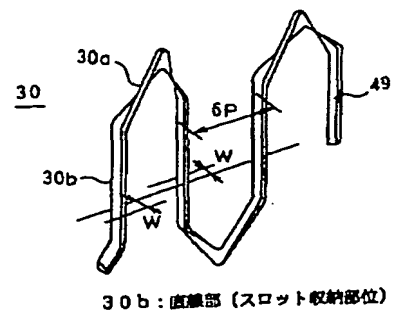
【符号の説明】

5 ファン、7 回転子、8、8A 固定子（電機子）、12 整流器、15 固定子鉄心（電機子鉄心）、15a スロット、16、16A 固定子巻線（電機子巻線）、30、40、45 素線、30a、40a、45a、51b、52b、53b ターン部（コイルエンド部）、30b、40b、45b、51a、52a、53a 直線部（スロット収納部位）、31 第1巻線、32 第2巻線、33 第3巻線、34 第4巻線、35 第5巻線、36 第6巻線、38 絶縁性樹脂、39 巻線アッセンブリ、50 金属製ターミナル、51、52、53 導体セグメント（素線）、160 3相交流巻線、161 固定子巻線群（各相の巻線）、162a 第1直列接続巻線、162b 第2直列接続巻線、163a、163b 3ターン巻線。

【図5】

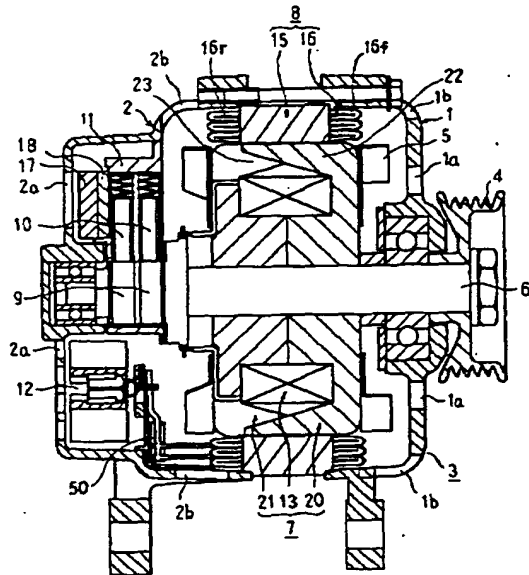


【図7】



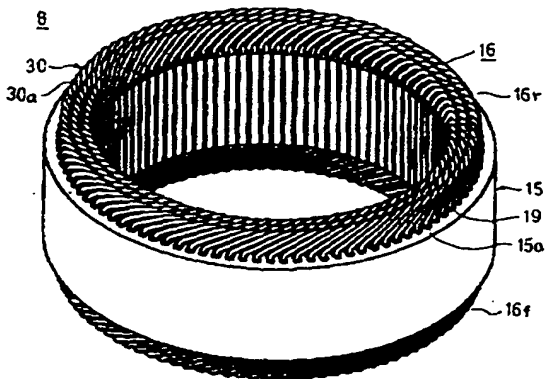
30b: 直線部（スロット収納部位）

【図1】



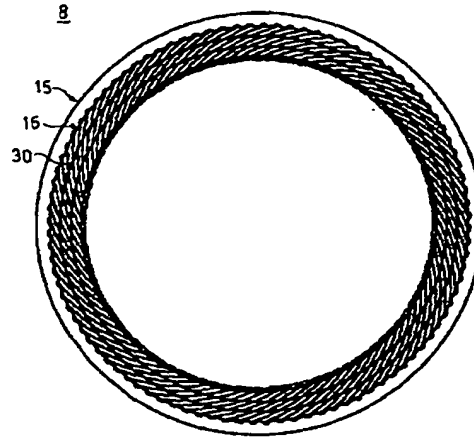
- 5 : ファン 15 : 固定子鉄心 (電機子鉄心)
 7 : 回転子 16 : 固定子巻線 (電機子巻線)
 8 : 固定子 (電機子) 50 : 金属製ターミナル

【図3】



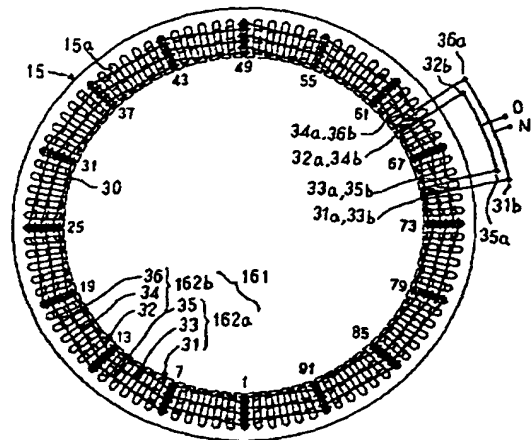
15a : スロット

【図2】



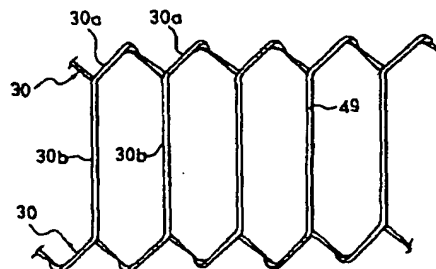
30 : 素線

【図4】

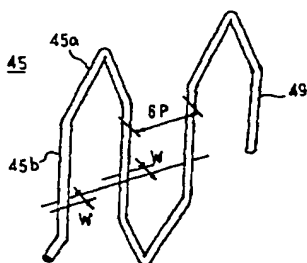


- 31 : 第1巻線 35 : 第5巻線
 32 : 第2巻線 36 : 第6巻線
 33 : 第3巻線 162a : 第1直列接続巻線
 34 : 第4巻線 162b : 第2直列接続巻線

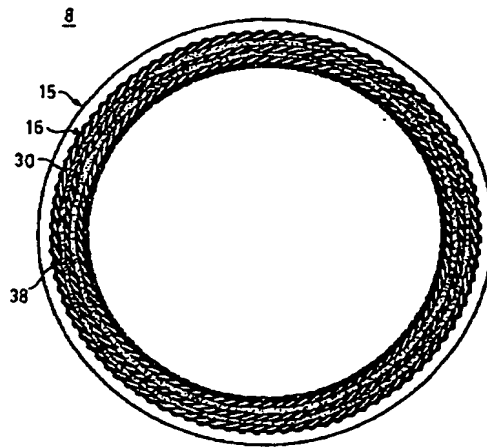
【図8】



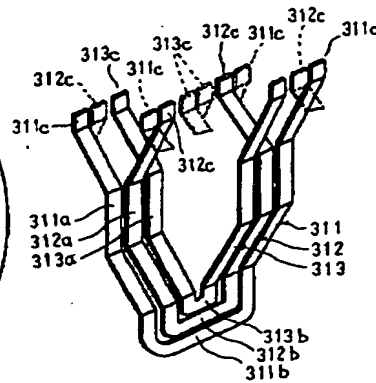
【図12】



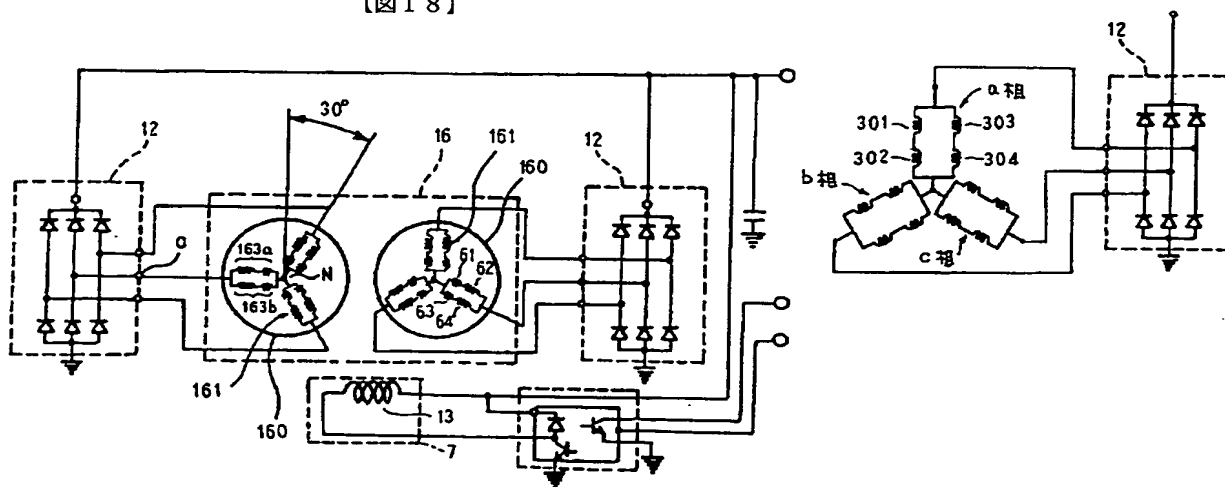
【図15】



【図19】



【図21】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

H 0 2 K 3/50
9/06
19/22

識別記号

F I

H 0 2 K 3/50
9/06
19/22

キーワード (参考)

Z
C

(72) 発明者 足立 克己

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

F ターム (参考) 5H603 AA09 AA12 BB02 BB07 BB09
BB12 CA01 CA05 CB02 CB03
CB04 CB12 CB22 CC05 CD02
CD06 CD22 CD33 CE01 CE02
CE13 EE01
5H604 AA03 AA08 BB03 BB10 BB14
CC01 CC05 CC15 PB01 QB03
5H609 BB05 BB13 BB18 PP02 PP06
PP09 QQ02 QQ12 QQ13 RR02
RR22 RR27 RR42 RR43 RR69
5H619 AA04 AA05 AA11 BB02 BB06
BB18 PP01 PP05 PP14 PP19
PP20 PP25 PP32 PP35